

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Дианов С.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Рассмотрена конструкция ваграночного комплекса и процесс плавки минерального сырья в вагранке. Выполнен обзор методов построения математических моделей. Рассмотрены принципы построения нейронных сетей с помощью технологии OLAP. Проведен анализ плавки сырья с помощью технологии OLAP.

Ключевые слова: вагранка, нейронная сеть, OLAP, аппроксимация, экстраполяция, плавка.

The design of complex and cupola melting process of mineral raw materials in a cupola. A review of methods for constructing mathematical models. Principles of construction of neural networks with the help of technology OLAP. The analysis of melting raw materials with the help of technology OLAP.

Keywords: cupola, neural network, OLAP, approximation, extrapolation, melting.

В соответствии с современными требованиями строителей современные здания должны обеспечивать минимальные потери тепла при их отоплении. С учетом этих требований особое значение приобретают теплоизоляционные материалы на основе использования пористых структур. В этой связи наиболее интенсивно развивается производство и применение минераловатных изделий. Объем выпуска такой продукции имеет тенденцию к повышению, но уровень развития технологии остается низким. Это связано с отсутствием теории физико-химических процессов, протекающих в процессе производства минеральной ваты.

Минеральная вата представляет собой пористую волокнистую массу, получаемую из силикатных расплавов горных пород, металлургических шлаков и других силикатных компонентов. Ее структура состоит из тончайших переплетающихся волокон, находящихся в стекловидном состоянии, а также капель застывшего расплава.

Производство минеральной ваты состоит из ряда стадий, среди которых операции подготовки шихтовых материалов, плавление материалов, переработка расплава в волокно, осаждение минеральной ваты, формирование ее слоя, введение связующего, тепловая обработка минераловатного ковра, получение готовых изделий при резке.

Цена, качество и количество конечного продукта определяются условиями протекания физико-химических процессов на отдельных этапах производства.

Одним из самых распространенных агрегатов для получения минерального расплава является минераловатная вагранка. Ее отличает простота конструкции, незначительные затраты на сооружение, высокий тепловой КПД, требование небольшой площади для размещения оборудования. Современ-

ный ваграночный комплекс состоит из плавильного агрегата шахтного типа, устройства для набора, взвешивания и загрузки исходных материалов, систем подачи воздушного дутья, удаления и очистки газов, оборотного водоснабжения, контрольно-измерительных приборов и других вспомогательных элементов.

Теплота в вагранке выделяется при горении кокса, а процесс передачи тепла осуществляется по принципу противотока. При этом кусковая шихта, состоящая из минеральной части и кокса, медленно опускаясь, сталкивается с восходящим потоком раскаленных газов. Нагрев шихты, ее расплавление и перегрев получаемого расплава, а также процессы термического разложения карбонатных элементов твердых компонентов, производится за счет тепла, выделяющегося при горении углерода кокса и внешних источников тепла в виде добавок природного газа. Реакции разложения кусковых шлаковых материалов и их плавление в плавильной зоне с образованием капель жидкого расплава, который стекает в слой раскаленного кокса (холостая колоша), располагающегося в нижней части вагранки.

Конструкция минераловатной вагранки представляет собой вертикальную шахту круглого или овального сечения, поперечный размер которой в значительной степени определяет производительность агрегата по расплаву. По ее высоте можно выделить две основные части: горновую и шахтную.

В горновой части вагранки, которая располагается внизу и заполнена массой раскаленного кокса, происходит горение топлива и расплавление шихтовых компонентов. Для этого на расстоянии 650...700 мм и более от днища агрегата устанавливаются в один-три ряда фурмы, обеспечивающие подачу и распределение воздушного дутья.

Отвод ваграночных газов из рабочего пространства осуществляется через центральный газоотвод на систему газоочистки, либо непосредственно в окружающее пространство при помощи трубы с искрогасителем.

Часть вагранки, заполненная шихтой, в которой протекают основные технологические процессы сушки, подогрева и плавления шихты, называется шахтой. Она может быть выполнена цилиндрической, конической с расширением книзу и иметь сложный профиль с расширением рабочего пространства от завалочного окна до зоны высоких температур с последующим сужением внутреннего сечения в горновой части печи. По данным многочисленных исследований было показано, что распределение газов в поперечном сечении вагранки, условия горения кокса и показатели ее работы в значительной степени зависят от профиля плавильного агрегата.

Под «интенсификацией» ваграночной плавки следует понимать не только ускорение протекания отдельных физико-химических процессов при получении минерального расплава и приводящие к увеличению производительности вагранки, но и создание наиболее благоприятных условий для их осуществления с минимальными затратами кокса. В этой связи из всего многообразия технических средств, имеющихся в арсенале инженеров для улучшения технико-экономических показателей ваграночного процесса, можно выделить:

- 1) обоснованный выбор конструктивных особенностей ваграночного комплекса;
- 2) использование подогретого воздушного дутья;

- 3) применение обогащенного кислородом воздушного дутья;
- 4) замена части кокса добавками природного газа;
- 5) использование внешних интенсификаторов тепломассообменных процессов;
- 6) повышение давления в рабочем пространстве.

Под установлением критериальной зависимости понимается определение числовых значений параметров ваграночной плавки, которые обеспечивают наиболее дешевое, быстрое и экологичное производство минеральной ваты. При этом нет возможности воздействовать на конструктивные параметры печи, фурм и сопутствующего оборудования.

В связи с тем, что плавка в шахтных печах минераловатного производства слабо изучена, для определения критериальной зависимости возможно применять способ математического моделирования. Этот способ позволяет установить функциональную зависимость параметров плавки между собой при ее наличии. Наличие и значимость функциональной связи можно установить с помощью регрессионного анализа.

Нейронная модель является самой оптимальной в данном случае: в отличие от других методов моделирования, таких как полный и дробный факторный эксперимент, она позволяет быстро и более точно установить зависимость между параметрами. Дробный факторный эксперимент не подходит и по той причине, что не все зависимости в ваграночном процессе линейны. Но против нейронной модели выступает тот факт, что он требует большого количества вычислений. Тем не менее, принято решение использовать нейронную модель: ЭВМ выполняет их быстро.

Для моделирования плавки была извлечена выборка входных и выходных параметров при разных условиях: при использовании различного разрежения и при различных диаметрах фурм. Проведен регрессионный анализ выборки при использовании различного разрежения.

В качестве входных параметров выбраны разрежение, расход кокса, расход воздуха, температура подогрева воздуха. В качестве выходных выбраны: температура отходящих газов, вязкость, температура расплава, давление на фурмах, производительность по шихте и содержание СО в отходящих газах.

В качестве инструмента моделирования выбрана технология OLAP.

Основоположителем термина OLAP является Эдгар Кодд, известный как классик теории реляционных баз данных. В 1993 г. он опубликовал статью «Обеспечение OLAP (оперативной аналитической обработки) для пользователей-аналитиков», в которой были изложены 12 законов, заложившие основу концепции аналитической обработки данных в реальном времени.

Технология OLAP позволяет абстрагироваться от внутреннего устройства нейронной сети, и предоставляет пользователю лишь «черный ящик», снабженный рычагами управления и выходными сигналами.

Для построения модели средствами OLAP требуется проведение предварительных операций: подготовка базы данных, выбор источника данных, создание представления данных и создание куба. Рассмотрим эти этапы подробнее.

В качестве источника данных создана база данных в СУБД MS SQL Server, в которую добавлена одна таблица, содержащая параметры тепловой работы ваграночного комплекса. На основе этой таблицы создан источник данных и его представление.

После этого создан OLAP-куб, измерениями которого являются факторы процесса, а мерами – отклики. Технология OLAP позволяет совершать с кубом различные манипуляции: создание иерархий, просмотр различных срезов куба, но для данной задачи требуется создание модели интеллектуального анализа данных. Технология OLAP требует создания отдельной модели интеллектуального анализа для каждого отклика, поэтому создано пять моделей: производительности, содержания СО, температуры расплава, вязкости и температуры газов.

Адекватность модели показывает, насколько точно модель описывает процесс. Для каждой модели построена диаграмма точности и рассчитан критерий Фишера.

Исходная выборка не может быть использована для финальной работы модели, поскольку в ней содержатся разрозненные данные за определенный период работы вагранки на предприятии «Эковер». На вход модели следует подавать упорядоченные данные. Для упорядочивания данных была создана промежуточная таблица, в которой определены минимальное и максимальное значения каждого фактора, выбрано число точек анализа – 3. Для каждого фактора сделана небольшая экстраполяция размером 1 шаг. В результате число точек анализа стало равным 5.

После этого было сгенерировано декартово произведение полученных чисел, т. е. комбинация каждого с каждым. Получилась таблица на 3126 записей. Эту таблицу можно использовать в качестве исходных данных для модели.

Показатель	Разрежение	Расход кокса	Расход воздуха	Температура воздуха
Экстраполяция	0,525	87,5	5562,264949	519,95
Минимум	0,6	95	5724,340531	560,9
	0,675	102,5	5886,416114	601,85
Максимум	0,75	110	6048,491696	642,8
Экстраполяция	0,825	117,5	6210,567279	683,75

Интеллектуальный анализ данных

Таблица была подана на вход модели и получено влияние каждого фактора на производительность.

Самый очевидный путь интенсификации процесса – увеличение расхода кокса – дает эффект лишь до определенного предела. Но это самый экономически неэффективный вариант: предприятие не производит кокс, а закупает его у других производителей, что значительно поднимает его сто-

имость и, соответственно, себестоимость готовой продукции. Кроме того, одной из задач настоящей работы является снижение расхода кокса. Поэтому увеличение расхода кокса не является эффективным путем интенсификации процесса.

Другой путь интенсификации процесса – увеличение температуры дутья. Это самый быстрый и простой способ интенсифицировать процесс, кроме того, вероятно, это позволит в какой-то мере снизить расход кокса.

Дальнейшее развитие настоящей работы автор видит в использовании последнего фактора: расчет воздухонагревателя и выбор эффективного пути повышения температуры дутья.

Список использованных источников

1. Матюхин В.И. Разработка способов управления тепловой работой минераловатной вагранки закрытого типа: Отчет по НИР.
2. Гольдштейн С.Л., Щербатский В.Б., Гуцина О.В. Практический нейрокомпьютинг: учебное пособие. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 122 с.
3. Волков В.Б. Понятный самоучитель Excel 2010. – СПб: Питер, 2010. – 256 с.
4. Барсегян А.А. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP: учебное пособие. – СПб: БХВ-Петербург, 2007.